



Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A SZŐLŐ (VITIS VINIFERA L.) KORAI FENOLÓGIAI VÁLASZADÁSÁNAK
MODELLEZÉSE A KUNSÁGI BORVIDÉKEN
NÖVÉNYFELVÉTELEZÉSEK, IDŐJÁRÁSI MEGFIGYELÉSEK ÉS REGIONÁLIS
KLÍMAMODELL ALAPJÁN**

Hlaszny Edit

Témavezetők:

Dr. Bisztray György Dénes DSc
egyetemi tanár

és

Dr. Ladányi Márta PhD
egyetemi docens

Budapesti Corvinus Egyetem
Szőlészeti és Borászati Intézet
Szőlészeti tanszék

Budapest

2012

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok

vezetője: Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

Témavezetők:

Dr. Bisztray György Dénes DSc
egyetemi tanár
Budapesti Corvinus Egyetem
Szőlészeti és Borászati Intézet
Szőlészeti tanszék

és

Dr. Ladányi Márta PhD
egyetemi docens
Budapesti Corvinus Egyetem
Kertészettudományi Kar
Matematika és Informatika Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

.....
Dr. Tóth Magdolna
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
Dr. Bisztray György Dénes
A témavezető jóváhagyása

.....
Dr. Ladányi Márta
A témavezető jóváhagyása

1. Bevezetés

Az egész Földre kiterjedő éghajlatváltozás hatásai nagyban befolyásolják a világ szőlőtermesztését. Az elmúlt 50 év melegedése ugyan kedvező hatással volt a termés és a borok minőségére, azonban számításba kell venni, hogy a szőlőtermesztés földrajzi határai áthelyeződnek, a fenológiai események időpontjai megváltoznak, és az extrém időjárási jelenségek egyre gyakoribbá és súlyosabbá válnak. A világ legjelentősebb borvidékein az elmúlt 50 évben a tenyészidőszak átlaghőmérséklete 1,3 °C-kal emelkedett, Európában pedig már átlagosan 1,7 °C-os emelkedést mértek a tenyészidőszakban. A ELTE Meteorológiai Tanszékén leskálázott RegCM 3.1 regionális klímamodell (Bartholy, et. al. 2009, Torma et. al. 2008) a 21. század utolsó harmadára futtatva Magyarországon több mint 2,5-3 °C-os középhőmérséklet-emelkedést prognosztizál minden évszakban és régióban (Bartholy et al., 2004).

A növényfenológiai változások szoros összefüggésben vannak a megfigyelt hőmérséklet-változással:

- a klímaváltozás hatása a rügyfakadás és virágzás fenológiára nemcsak közvetlenül az egyes növényfajokra hat, hanem megváltoztathatja az ökoszisztéma szerkezetét és működését is (Hughes, 2000; Wuethrich, 2000; McCarty, 2001; Walther et al., 2001).
- az éghajlat melegedése különböző válaszidejű evolúciós módosulásra készítheti az élő rendszereket (Holfman és Parson, 1997; Rodriguez-Trellis és Rodriguez, 1998; de Jong és Brakefield, 1998).
- az éghajlatváltozás közvetlenül megváltoztathatja a növény alkalmazkodóképességét (Galen és Stanton, 1991, 1993; Wookey et al. 1993), valamint módosíthatja a növények szaporodási sikerét és fenológiáját (Hughes, 2000; Peterson, 1997; Bishop és Schmeske, 1998).

Magyarországon a klímaváltozás hatására bekövetkező melegedés a hűvösebb klímájú országrészeken kedvező hatással lehet a szőlőtermesztésre, azonban a melegebb-szárazabb területeken, elsősorban az Alföldön tovább súlyosbodhat a terméskiesés és minőségcsökkenés problémája. Mindez a fenológiai átrendeződéssel a szőlőtermesztés több területének (növényvédelem, fajtaválasztás, kármegelőzés, termesztéstechnológia stb.) szerkezetét átalakíthatja, ami megfelelő válaszdásra kényszeríti a különböző szintű döntéshozókat.

Dolgozatomban a szőlő (*Vitis vinifera* L.) korai fenológiai válaszdásának modellezését mutatom be a Kunsági borvidékre vonatkoztatva hosszú távú növényfelvételezések, időjárási megfigyelések és regionális klímamodell alapján.

2. Célkitűzés

Munkánk céljaul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk néhány *Vitis vinifera* L. fajta várható válaszáását a Magyarországon várható klimatikus változásokra. Arra kerestük a választ, hogy egyrészt milyen klimatikus indikátorrendszerrel lehetne jellemezni a már lezajlott, illetve a várható változásokat, illetve hogy milyen, a rendelkezésünkre álló adatbázis minőségére és mennyiségére jól alapozható matematikai modellekkel lehetne leírni és vizsgálni a szőlő rügyfakadási és fővirágzási idejének várható módosulását, tudjuk-e igazolni az eltolódást, és ha igen, az milyen irányú és mértékű lesz a közeljövőben. Vizsgálatainkba többnyire a nyugati változatsoporthoz tartozó, a világ legtöbb borvidékén megtalálható fehér- és vörösborszőlő fajtákat, egy pontuszi változatsoportba tartozó magyar fajtát, illetve egy viszonylag új, hazai nemesítésű, ígéretes fajtát vontunk be.

A fentiek alapján az alábbi célkitűzéseket fogalmaztuk meg:

1. A szakirodalom alapján olyan klimatikus indikátorrendszer összeállítása, amelynek tagjai kis adatigényűek (napi hőmérsékleti és csapadékadatokból előállíthatóak), és amelyek segítségével jól jellemezhetőek a régiók, illetve évjáratok, valamint amelyek megváltozásai a szőlőtermesztésben várhatóan markáns változásokat indukálnak. Az indikátorrendszer alapján a megfigyelt, valamint a RegCM 3.1 regionális klímamodell által a 1961-1990-es referencia-időszakra, valamint a 2021-2050 és a 2071-2100-as jövőbeli időszerele vonatkozó becslések alapján a historikus adatok elemzése és a várható változások megfogalmazása a Kunsági borvidék területére.
2. A szakirodalomban használt tenyészidőszak-számítási módszerek összehasonlítása és javaslat a klímaváltozás esetén is helytálló módszer használatára.
3. A szakirodalomban használt fenológiai modellek felkutatása olyan fenológiai modell vagy modellek megfogalmazása, illetve lehetőség szerinti továbbfejlesztése céljából, amely(ek) a szőlő rügyfakadásának, illetve virágzásának idejét megfelelő pontossággal becsüli(k). Esettanulmány végzése a megfogalmazott modellekre a rendelkezésre álló, minél hosszabb fenológiai adatok alapján.
4. Összehasonlító vizsgálatok a rendelkezésre álló adatok alapján különböző modellekre és fajtákra azzal a céllal, hogy javaslatot tehessünk egy, a vizsgálatba bevont modellek közül a legmegfelelőbbre.
5. Összehasonlító vizsgálatok a fenológiai modellekre a RegCM 3.1 regionális klímamodell által a fenti időszakokra vonatkozó becslések alapján a Kunsági borvidéken várható változások megfogalmazása céljából.

3. Anyag és módszerek

A modellezéshez felhasznált rügyfakadási és fővirágzási adatok Helvéciáról (2000-2004) és Kecskemétről (1977-2003) származnak. Mindkét termőhely a Duna Borrégióon belül található, a Kunsági borvidék része. A modellezéshez felhasznált meteorológiai adatok az Országos Meteorológiai Szolgálat Kecskeméttől 15 km-re lévő K-puszta mérőállomásáról (48° 58' N, 19° 33' E, 126 m) származnak.

A helvéciai adatokon alapuló fenológiai modellezést 5 fehérborszőlő-fajtára (Chardonnay, Rajnai rizling, Hárslevelű, Pinot blanc és Szürkebarát), valamint ezek klónjaira végeztük. A hosszabb időtartamú kecskeméti adatsorokból a Kékfrankos, a Hárslevelű, a Szürkebarát, a Rajnai rizling és a Generosa fajtákat választottuk ki.

A jelenleg változó és a jövőben várható körülmények feltárásához szakirodalmi gyűjtést végeztem, és összeállítottam a szőlő növényre legmarkánsabban ható 36 klímaindikátor ezek között 13 hőmérsékleti, 16 extrémális és 7 csapadékindikátor listáját, valamint előállítottam ezek értékeit az 1977-2003 között mért kecskeméti hőmérséklet- és csapadékadatokból. Becsléseket végeztünk a RegCM 3.1 klímamodell segítségével az 1961-1990-es referenciaidőszakra, valamint a 2021-2050-es és 2071-2100-as időszakokra is. A kapott eredmények értékelését, illetve összehasonlítását regresszióanalízissel és varianciaanalízissel végeztük.

Kétféle, egy hagyományos és egy interpolációs módszert mutatok be a vizsgált évek tenyészidőszak-hosszainak kiszámolására, melyek összehasonlítása t-próbával történt.

Meghatároztunk egy egyszerű hőösszeg modellt. A megfigyelt adatokból kiszámoltuk minden fajtára a napi középhőmérsékletnek az (alsó) bázishőmérséklet ($T_{alsó\ bázis}$ [°C]) feletti részét egy adott naptól kumulálva a megfigyelt rügyfakadásig minden évre. Ezután kiszámoltuk erre az öt évre vonatkozó fajtánkénti átlagot, és ezt az értéket fajtánkénti kritikus hőösszegnek ($GDD_{u\ krit}$ [°C]) neveztük el. A modellt úgy állítottuk fel, hogy ha az egy évben a kezdőnaptól kezdve a bázishőmérséklet feletti hőmérsékleteket kumulálva eléri a fajtánkénti kritikus értéket, akkor arra a fajtára a modell a rügyfakadást jelezze. A becslés hibáját a modell által becsült napnak a megfigyelt időponttól való (napban mért) átlagos eltérés-négyzetösszeg négyzetgyökeként definiáltuk (RMSE). A bázishőmérsékletre és a kezdőnapra vonatkozóan minimalizáltuk a becslés hibáját.

Ugyanezt az egyszerű hőösszeg modellt alkalmaztuk a teljes virágzás időpontjának meghatározásához is, de itt már bevezettük a felső bázishőmérsékletet is $T_{felső\ bázis}$ [°C], amely feletti hőmérsékletek már nem segítik a növény fejlődési folyamatait. A modellek által becsült

rügyfakadási időpontokkal előrejelzéseket készítettünk a RegCM 3.1 klímamodell segítségével az 1961-1990-es, a 2021-2050-es és 2071-2100-as időszakokra.

A kecskeméti hosszabb rügyfakadási adatok lehetővé tették öt szőlőfajta rügyfakadás becslésének összehasonlítását kétféle modell segítségével. Az egyszerű hőösszeg modell mellett egy hideghatást is figyelembe vevő hőösszeg modellt is alkalmaztunk.

A hideghatást is figyelembe vevő hőösszegen alapuló modellünk sokkal kifinomultabb, mint az egyszerű hőösszeg modell, mivel ez kezeli a mélynyugalmi időszak alatt a növényt érő hőmérsékleti hatásokat is (Chuine, 2000). Ez a modell a (hideg) hőösszegek akkumulációját a megelőző év szeptember elsejétől kezdi. (A szeptember elsejét inkább úgy érdemes tekinteni, mint egy olyan időpontot, amely biztosan megelőzi azt a napot, amikor az akkumulálódás megindul, azaz a függvény értéke zérustól eltérő lesz.) A mélynyugalom megtörése mellett a hideg hőösszegeknek van egy rügynövekedést gyorsító hatása is. Ha több hideghatás éri a növényt, kevesebb hőösszeg szükséges a rügyfakadás bekövetkezéséig (Nelson és Lavender, 1979; Cannell és Smith, 1983; Murray et al., 1989; Kramer, 1994b; Chuine et al., 1999). Megkülönböztetünk tehát mélynyugalmi (*chilling effect* – *CH*) és kényszernyugalmi (*forcing effect* – *F*) hatásokat, majd ezeket dimenzió nélkül definiáljuk:

$$CH_j = \sum_{Sept.1}^{t_j} \frac{1}{1 + \exp(a(T_{\text{átlag}_{i,j}} - T_{\text{bázis,HiH}})^2 + b(T_{\text{átlag}_{i,j}} - T_{\text{bázis,HiH}}))}$$

$$F_j = \sum_{t_j}^{\text{rügyfakadás}} \frac{1}{1 + \exp(c(T_{\text{átlag}_{i,j}} - T_{\text{bázis,HöH}}))}$$

ahol a , b , pozitív, c negatív tapasztalati paraméterek, $T_{\text{átlag}_{i,j}}$ jelenti a napi átlagos hőmérsékletet minden évben j és napon i , a $T_{\text{bázis,HiH}}$ és $T_{\text{bázis,HöH}}$ a bázishőmérsékletek mélynyugalmi és kényszernyugalmi paraméterei, t_j az az időpont, amikor a kívánt kritikus mélynyugalmi hideghatás (CH_{krit}) bekövetkezik egy adott évben j . Ennél a pontnál a modell jelzi a mélynyugalom végét és a hőösszeg akkumuláció F_j elindul. A rügyfakadást akkor jelzi a modell, amikor a szükséges hatásos hőösszeg GDD_{u_krit} összegyűlik.

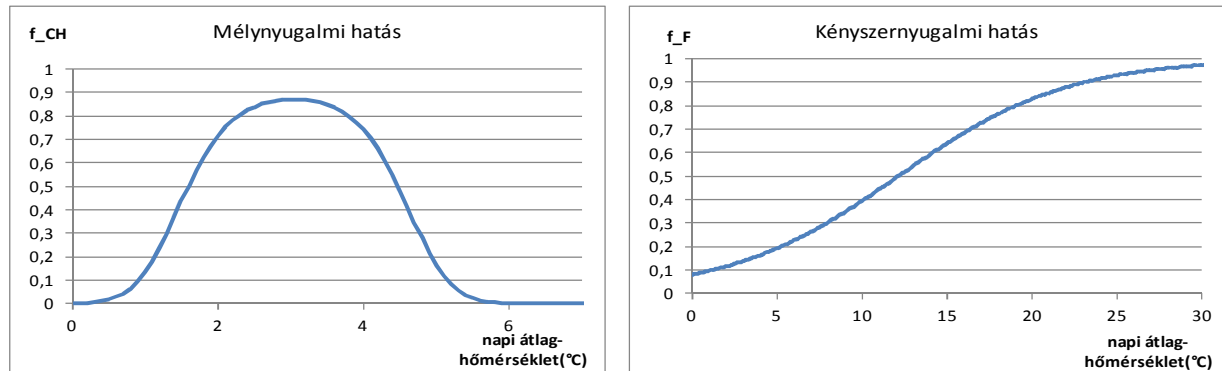
A hideghatás és a kényszernyugalmi függvények segédfüggvényeit

$$f_{CH}(x) = \frac{1}{1 + \exp(a(x - T_{\text{bázis,HiH}})^2 + b(x - T_{\text{bázis,HiH}}))}, \text{ illetve } f_F(x) = \frac{1}{1 + \exp(c(x - T_{\text{bázis,HöH}}))}$$

alakban írjuk fel (x a napi átlaghőmérsékletet jelöli).

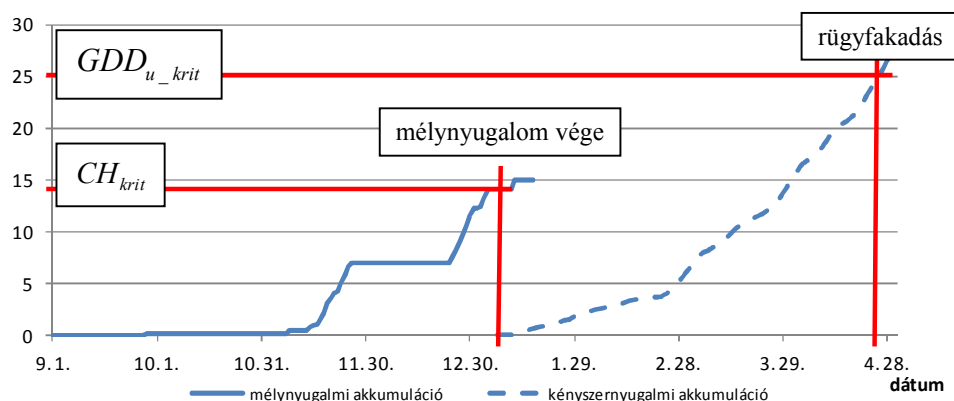
A hideghatás f_{CH} segédfüggvényének alakja egy olyan egypúpú görbe, amelynek maximuma az $x = \frac{-b}{2a} + T_{bázis,HiH}$ °C-ban mért értékében van, a függvény pozitív és negatív végtelenben vett határértéke pedig zérus.

A kényszernyugalmi f_F segédfüggvény alakja egy szigmoid típusú görbe, monoton növekedő, a plusz végtelenben 1, a mínusz végtelenben zérus határértékkal, melynek az $x = T_{bázis,HöH}$ pontban inflexiós pontja van (1. ábra).



1. ábra: A mélynyugalmi és a kényszernyugalmi időszak hőhatásait leíró f_{CH} és f_F függvények jelleggörbéi

A mélynyugalmi és kényszernyugalmi hőösszegek akkumulációja látható a 2. ábrán, egy véletlenszerűen kiválasztott év adataival. A vízszintes vonalak jelölik a mélynyugalmi hideghatás akkumulációs kritikus hőösszeget (CH_{krit}), valamint a kényszernyugalom alatt tovább akkumulálódott hatásos kritikus hőösszeget (GDD_{u_krit}). A függőleges vonalak a mélynyugalmi időszak végének és a rügyfakadás modell által jelzett időpontjait jelzik.



2. ábra: Az f_{CH} -val és f_F -fel jelölt mélynyugalmi és kényszernyugalmi hatások CH -val és F -fel jelölt akkumulációja egy véletlenszerűen kiválasztott évben

A rendelkezésre álló adatsort véletlenszerűen két egyenlő részre osztottuk. Az egyik csoportba tartozó éveket kalibráláshoz használtuk, míg a maradékokat validáláshoz.

Az RMSE hibát az innovatív genetikai algoritmussal minimalizáltuk hét paraméter (a , b , c , $T_{bázis,HiH}$, $T_{bázis,Hőő}$, CH_{krit} és GDD_{u_krit}) együttes optimalizálásával. E módszer nagy előnye, hogy a sztochasztikus minimumkeresést úgy végezhetjük, hogy a klasszikus optimalizációs eljárásokkal ellentétben nem rekedünk meg egy lokális minimumhelyen, e helyett a teljes értelmezési tartományon keresve több ezer iterációval a globális minimumhelyre találunk rá (Weise, 2009). Kalibrálást és validálást követően ezt a modellt is futtattuk a RegCM 3.1 éghajlati modell adatsorára, hogy becsléseket kapjunk a rügyfakadás lehetséges idejéről az 1961-1990-es, a 2021-2050-es és 2071-2100-as időszakokban.

A kapott eredményekre egytényezős ANOVA modellekkel végeztünk összehasonlításokat.

4. Eredmények és megvitatásuk

4.1. Indikátoranalízis

A klimatikus indikátorok esetében 1977 és 2003 között szignifikáns növekedés következett be szinte minden hőmérsékleti és extrémális indikátor esetében (1. táblázat). Nem történt szignifikáns változás a csapadékindikátorok értékeiben 2. táblázat). A RegCM 3.1 klímamodell segítségével a jövőbeli változásokat is becsültük: a század végére többnyire szignifikánsan magasabb átlagos hőmérsékleti indikátorértékeket kaptunk, míg a minimum hőmérsékletek átlagértékei csökkenést mutatnak.

1. Táblázat Hőmérsékleti és extrémális indikátorok az 1977-2003-as K-pusztán megfigyelt, valamint a RegCM 3.1 klímamodell 1961-1990-ig terjedő referenciaidőszakra, illetve a 2021-2050 és 2071-2100-as jövőbeli időszakokra vonatkozó adatok alapján

Hőmérsékleti és extrémális indikátorok	1977-2003	1977-2003	1961-1990	2021-2050	2071-2100
	meredekség	átlag	átlag	átlag	átlag
Huglin-index (HI) [°C]	0,73***	2193 a	1815 b	2012 c	2462 d
Winkler-index (WI) [°C]	0,76***	1709 a	1255 b	1439 c	1879 d
Biológiailag hatásos hőösszeg (BEDD) [°C]	0,68***	1333 c	1073 a	1203 b	1394 c
Júliusi átlaghőm. (MJuT) [°C]	0,52***	23 b	20 a	21 a	24 c
Januári átlaghőm. (MJaT) [°C]	0,26ns	-1 a	1,5 b	3 b	4 c
Tenyészedőszak átlaghőm.(GSAT)[°C]	0,73***	18 c	15 a	16 b	19 d
Tenyészedőszak átlagos maxhőm. (GSATX) [°C]	0,69***	23 b	21 a	22 ab	25 c
Tenyészedőszak átlagos minhőm. (GSATN)[°C]	0,32ns	11 a	11 a	12 b	13 c
Szüretidei átlagos maxhőm. (HMX), [°C]	0,62***	26 b	24 a	25 ab	28 c
Téli minhőm.(WMN), [°C]	0,10ns	-17 a	-11 b	-8 c	-5 d
Érésidei középhőm.(RAT) [°C]	0,62***	17 b	15 a	16 a	18 b
Hideg éjszaka index (CNI) [°C]	0,06ns	10 a	11 b	11 a	14 b
Kontinentalitás (CO) [°C]	0,11ns	24 b	19 a	18 a	20 a
Extrém meleg napok száma (NEHD) [nap]	0,50**	4 a	3 a	7 a	19 b
Meleg napok száma (NHD) [nap]	0,72***	29 a	21 a	27 a	53 b
Nyári napok száma (NSD) [nap]	0,65***	85 b	59 a	72 b	102 d
Fagyos napok száma (NFD) [nap]	0,30ns	62 d	47 c	34 b	22 a
Jeges napok száma (NID) [nap]	0,05ns	8 c	3 b	1 ab	0 a
Szőlő fagyindex (F8D) [nap]	-0,05ns	12c	4b	2ab	0a
Szőlő súlyos fagyindex (FS15D) [nap]	-0,09ns	2b	0ab	0a	0a
Tavaszi fagyos napok száma (NSFD) [nap]	0,41*	15 b	13 b	8 a	5 a
Őszi fagyos napok száma (NFFD) [nap]	0,05ns	15 c	9 b	6 b	2 a
Gladstones féle tavaszi fagyind. (SFIGlad) [°C]	0,69***	13 b	11 a	12 ab	11 a
Wolf-Boyer féle tavaszi fagyind. (SFIWB) [°C]	0,53**	5,82 c	4,59 a	5,11 b	4,81 ab
Júliusi hőmérsékleti terjedelem (DR) [°C]	0,58**	25 a	25 a	26 ab	27 b
Áprilisi átlagos napi hóingás (MADR) [°C]	0,53**	12 c	9 a	10 b	10 ab
Szüreti átlagos napi hóingás (MHDR) [°C]	0,24ns	12 c	10 a	10 ab	11 b
Érésidei napi hóingás összege (ET) [°C]	0,48*	1919 c	1602 a	1642 a	1738 b
Riberau-Gayon-Peynaud Index (RGP) [°C]	0,58ns	2032 c	1549 a	1791 b	2287 d

*p<0,05; **p<0,01; p<0,001 ns: nem szignifikáns

Az éves és a téli csapadék átlagértékei, valamint kis mértékben a tenyészidőszak csapadékos napjainak száma a megfigyelt időszakhoz képest növekszik, de csökkenni fog a nyári csapadékmennyiség (2. táblázat).

2. Táblázat Csapadékindikátorok az 1977-2003-as K-pusztán megfigyelt, valamint a RegCM 3.1 klímamodell 1961-1990-ig terjedő referenciaidőszakra, illetve a 2021-2050 és 2071-2100-as jövőbeli időszakokra vonatkozó adatok alapján

Csapadékindikátorok	1977-2003	1977-2003	1961-1990	2021-2050	2071-2100
	meredekség	átlag	átlag	átlag	átlag
<i>Éves csapadék-menny. (AR) [mm]</i>	0,22ns	474 a	628 b	583 b	614 b
<i>Nyári csapadék-menny. (SR) [mm]</i>	0,13ns	108 c	96 ab	92 ab	73 a
<i>Téli csapadék-menny. (WR) [mm]</i>	0,01ns	160 a	275 b	236 b	270 b
<i>Tenyészidő csapadékmenny. (GSR) [mm]</i>	0,28ns	317 a	346 a	344 a	339 a
<i>Virágzáskori csapadékmenny. (BPR) [mm]</i>	0,04ns	61 a	48 a	55 a	46 a
<i>Érésidő csapadékmenny. (RPR) [mm]</i>	0,30ns	79 a	94 a	107 a	106 a
<i>Tenyészidő csapadékos napjainak sz. (GSRD) [nap]</i>	0,14ns	60 a	92 d	84 c	75 b

*p<0,05; **p<0,01; p<0,001 ns: nem szignifikáns

4.2. A tenyészidőszak-számítási módszerek kritikai összehasonlítása

A hagyományos és az interpolációs tenyészidőszak-számítási módszerek összehasonlítása során *t*-próbával szignifikáns eltéréseket tudtam igazolni. Az interpolációs módszer a hagyományos módszerhez képest szisztematikusan korábbi tenyészidőszak-kezdetet ad eredményül. Ugyanilyen szisztematikus különbség a két módszer között a tenyészidőszak végének számítására vonatkozóan nem mondható el. Az interpolációs módszer a hagyományos módszernél pontosabbnak bizonyult, ugyanakkor ez a módszer is inkább terroárok összehasonlítására javasolt, kiemelve a módszernek azt az előnyét, hogy egyszerű és széles körben általánosan alkalmazható. A klímaváltozással várható egyre gyakoribbá váló szélsőségek miatt azonban az interpolációs módszer mellett indokolttá válik a fenológiai modelleken alapuló tenyészidőszak-számítás is.

4.3. Egyszerű hőösszeg modell

A helvéciai ültetvények megfigyelt rügyfakadási adatait (2000-2004) felhasználva egy egyszerű hőösszeg-modell segítségével becsültük a különböző fajták és klónjaik rügyfakadási időpontjait. A becslés hibáját a bázishőmérsékletre és a kezdőnapra vonatkozóan minimalizálva optimalizáltuk az alsó bázishőmérsékletet és a hőösszegek gyűjtésének optimális indulási napját. Helvéciai adatokra alapozott számításaink szerint az optimális alsó bázishőmérséklet 6 °C, az optimális indulási nap pedig a 41. Julianusz nap, ami azt jelenti, hogy a kényszernyugalmi időszak végének statisztikailag becsült időpontja február 10. Az

átlagos abszolút különbség a megfigyelt és előre jelzett rügyfakadási időpontok között 2,07 nap volt, a maximális hiba 5 nap.

A fővirágzás időpontjának becsléséhez ugyanazt az egyszerű hőösszeg modellt használtuk, egy felső bázishőmérséklettel kiegészítve. Így az optimális alsó bázishőmérsékletet 11 °C fokban határoztuk meg, míg a felső bázishőmérsékletet 26 °C fokra állítottuk. A modell által becsült értékeknek a megfigyelttől való eltéréseit elemezve láthatjuk, hogy a Chardonnay és a Szürkebarát fajták virágzását volt a legnehezebb megjósolni. A legtöbb fajta abszolút hibája az átlag körül mozog (2,12 nap), ami mutatja a modell viszonylag magas stabilitását. A modell a legkevesebb hibát a Chardonnay 96 és a Rajnai rizling 378 klónoknál (átlagosan 1,2 nap) vétette. Az átlagos abszolút hiba 1,81 nap, a maximális hiba 6 nap volt.

A RegCM 3.1 regionális klímamodell adatsorával is futtattuk a modellt, hogy választ kapjunk arra, mire számíthatunk a 2021-2050-es időszerele. Helvécián a modell a rügyfakadás kezdetét átlagosan öt nappal előbbre, a fővirágzás kezdetét öt nappal későbbre becsüli a vizsgált időszakban megfigyeltekhez képest. Eredményeink megfelelnek Dunne et al., (2003), Arft et al., (1999), és Price és Waser, (1998) eredményeinek, akik a melegedéssel egyidőben számos esetben a növények növekedésének és a virágzásának gyorsulását dokumentálták, különösen a kora tavaszi virágzású fajok esetében. A tavasszal később fakadó növények esetében azonban arról számoltak be, hogy azok vagy nem reagálnak szignifikánsan a melegedésre (Dunne et al., 2003), vagy – akár korábbi rügyfakadás mellett is – késik a virágzásuk, különösen, ha a hőmérséklet fiziológiai tűrőképességük fölé emelkedik (Sherry et al., 2007).

4.4. A hideghatást is figyelembe vevő modell

A Kecskemét-Katonatelepről származó, 1977 és 2003 között felvételezett rügyfakadási adatokra alapozva egy hideghatást is figyelembe vevő modellt építettünk, és összehasonlítottuk az erre az adatsorra szintén alkalmazott egyszerű hőösszeg modellel. A modellek optimalizált paramétereit a 3. táblázat tartalmazza.

Úgy ítéltük meg, hogy a HHM modell jobb eszköz a rügyfakadás becsléséhez, mivel a hiba, az átlagos és a maximális abszolút hiba értéke a legtöbb esetben jelentősen kisebb ennek a modellel az esetében (4. táblázat). A varianciák magyarázott hányadai (R^2) szignifikánsak mindkét modellelre ($p < 0,05$), a HHM modellel többnyire szignifikánsan nem alacsonyabb (5. táblázat).

3. Táblázat Az egyszerű hőösszeg modell és a hideghatást is figyelembe vevő modell optimalizált paramétereit a kecskeméti adatokra (1977-2003) és az összes vizsgált fajtára

Fajta	Egyszerű Hőösszeg Modell		Hideghatás Modell			
			Mélynyugalmi hőakkumuláció		Kényszernyugalmi hőakkumuláció	
Kékfrankos	induló Julianus nap	47	a	1,00	c	-0,20
	$T_{\text{alsó bázis}} (^{\circ}\text{C})$	4,54	b	2,65		
	$T_{\text{felső bázis}} (^{\circ}\text{C})$	18,4	$T_{\text{bázis, HiH}} (^{\circ}\text{C})$	4,58	$T_{\text{bázis, H6H}} (^{\circ}\text{C})$	12,11
	$GDD_{u_krit} (^{\circ}\text{C})$	260	CH_{krit}	14	GDD_{u_krit}	25
Hárslevelű	induló Julianus nap	41	a	1,00	c	-0,26
	$T_{\text{alsó bázis}} (^{\circ}\text{C})$	4,54	b	2,65		
	$T_{\text{felső bázis}} (^{\circ}\text{C})$	19,17	$T_{\text{bázis, HiH}} (^{\circ}\text{C})$	4,48	$T_{\text{bázis, H6H}} (^{\circ}\text{C})$	12,50
	$GDD_{u_krit} (^{\circ}\text{C})$	299	CH_{krit}	8,82	GDD_{u_krit}	24,66
Szürkebarát	induló Julianus nap	47	a	0,92	c	-0,20
	$T_{\text{alsó bázis}} (^{\circ}\text{C})$	4,54	b	2,65		
	$T_{\text{felső bázis}} (^{\circ}\text{C})$	18,4	$T_{\text{bázis, HiH}} (^{\circ}\text{C})$	4,48	$T_{\text{bázis, H6H}} (^{\circ}\text{C})$	12,15
	$GDD_{u_krit} (^{\circ}\text{C})$	260	CH_{krit}	14,5	GDD_{u_krit}	25,25
Rajnai rizling	induló Julianus nap	41	a	1,00	c	-0,26
	$T_{\text{alsó bázis}} (^{\circ}\text{C})$	4,54	b	2,65		
	$T_{\text{felső bázis}} (^{\circ}\text{C})$	18,3	$T_{\text{bázis, HiH}} (^{\circ}\text{C})$	4,10	$T_{\text{bázis, H6H}} (^{\circ}\text{C})$	12,50
	$GDD_{u_krit} (^{\circ}\text{C})$	291	CH_{krit}	8,81	GDD_{u_krit}	24,67
Generosa	induló Julianus nap	41	a	0,85	c	-0,20
	$T_{\text{alsó bázis}} (^{\circ}\text{C})$	4,40	b	2,65		
	$T_{\text{felső bázis}} (^{\circ}\text{C})$	19,18	$T_{\text{bázis, HiH}} (^{\circ}\text{C})$	4,00	$T_{\text{bázis, H6H}} (^{\circ}\text{C})$	12,39
	$GDD_{u_krit} (^{\circ}\text{C})$	306,51	CH_{krit}	8,82	GDD_{u_krit}	24,67

4. Táblázat A hiba és az átlagos abszolút hiba kalibrált és validált értékei az öt fajta esetében

	Hiba (RMSE, [nap])				Átlagos abszolút hiba [nap]			
	kalibrált		validált		kalibrált		validált	
	EHM	HHM	EHM	HHM	EHM	HHM	EHM	HHM
Kékfrankos	3,74	2,40	5,53	4,96	2,89	2,00	3,89	3,83
Hárslevelű	3,13	4,56	5,65	5,56	2,67	4,00	3,83	4,00
Szürkebarát	3,92	3,91	4,97	4,81	3,00	3,30	3,70	4,10
Rajnai rizling	4,43	3,82	3,87	3,97	2,60	3,20	2,32	3,26
Generosa	3,23	4,50	5,53	5,18	2,44	3,78	4,32	4,47

5. Táblázat A maximális abszolút hiba és a determinációs együttható (R^2) kalibrált és validált értékei az öt fajta esetében

	Maximális abszolút hiba [nap]				R^2			
	kalibrált		validált		kalibrált		validált	
	EHM	HHM	EHM	HHM	EHM	HHM	EHM	HHM
Kékfrankos	8	4	13	10	0,86***	0,94***	0,64***	0,74***
Hárslevelű	7	8	12	9	0,89***	0,75*	0,53*	0,61**
Szürkebarát	8	7	15	9	0,85**	0,88***	0,71***	0,69***
Rajnai rizling	10	7	10	7	0,68*	0,87**	0,78***	0,75***
Generosa	6	7	11	8	0,92***	0,79**	0,64**	0,67**

*** p<0,001 **p<0,01 * p<0,05 +p<0,1

6. Táblázat A rügyfakadási időpontok átlagai és az ANOVA-összehasonlítások eredményei az öt fajta esetében az egyszerű hőösszeg és a hideghatást is figyelembe vevő modelleknél a megfigyelt adatokra vonatkozó páros t-próba szignifikanciájával (p). A különböző betűk a Tukey post hoc teszt alapján a szignifikáns különbségeket jelölik.

Fajta	Átlag [Julianus nap] egyszerű hőösszeg modell		Átlag [Julianus nap] hideghatás modell	
Kékfrankos	1977-2003 p = 0,45	116,70 b	1977-2003 p = 0,83	117,41 b
	1961-1990	123,10 c	1961-1990	113,33 b
	2021-2050	111,00 ab	2021-2050	104,90 a
	2071-2100	105,53 a	2071-2100	102,90 a
Szürkebarát	1977-2003 p = 0,15	116,37 b	1977-2003 p = 0,29	116,33 b
	1961-1990	123,1 c	1961-1990	113,33 b
	2021-2050	111,0 ab	2021-2050	104,90 a
	2071-2100	105,5 a	2071-2100	102,90 a
Hárslevelű	1977-2003 p = 0,92	119,15 b	1977-2003 p = 0,97	119,07 b
	1961-1990	126,90 c	1961-1990	121,60 b
	2021-2050	114,33 ab	2021-2050	109,83 a
	2071-2100	108,53 a	2071-2100	103,47 a
Rajnai rizling	1977-2003 p = 0,78	118,44 b	1977-2003 p = 0,40	119,26 b
	1961-1990	126,13 c	1961-1990	122,53 b
	2021-2050	113,77 ab	2021-2050	110,33 a
	2071-2100	107,97 a	2071-2100	105,37 a
Generosa	1977-2003 p = 0,60	119,26 b	1977-2003 p = 0,97	117,89 b
	1961-1990	126,90 c	1961-1990	121,10 b
	2021-2050	114,50 ab	2021-2050	108,83 a
	2071-2100	108,77 a	2071-2100	104,62 a

Az egyszerű hőösszeg modell az öt fajta esetében átlagosan 10-11 nappal korábbra teszi a rügyfakadás kezdetét a század végére a megfigyelt időszakhoz képest. A hideghatást is figyelembe vevő modell a Kékfrankos esetében 14,5 nappal, a Szürkebarát esetében 13,5 nappal, a Hárslevelű esetében 15,5 nappal, a Rajnai rizlingnél 17 nappal és a Generosánál 13 nappal korábban jelzi átlagosan a rügyfakadást a század utolsó 30 évére a megfigyelt időszakhoz képest (6. táblázat).

A négy idősor becsléseit és előrejelzéseit felhasználva a rügyfakadási időpontok gyakorisági hisztogramjait is létrehoztam. A különböző idősorok görbéit összehasonlítva elmondható, hogy a század végére a rügyfakadás időpontok szórása megnő, az évek között sokkal nagyobb ingadozás várható. Nő a valószínűsége a nagyon korai és a nagyon kései rügyfakadásnak is. A korai rügyfakadás oka a rövid, de megfelelő hideghatású tél, míg a kései rügyfakadás a nagyon enyhe tél eredménye, amikor a szőlő számára csak nagyon lassan gyűlik össze a mélynyugalom megtöréséhez szükséges hidegösszeg.

Megállapítom, hogy a mélynyugalmi időszakot is figyelembe vevő modell esetében az öt fajtára vonatkozó rügyfakadási időpontok a megfigyelt időszakban (1977-2003) és a referencia-időszakban (1961-1990) is átlagosan a 118. Julianus napra esnek, ami azt jelenti, hogy az eltérés a két időszak között nem szignifikáns. A 2021-2050-es és a 2071-2100-as időszakok átlagértékei (108. és 104. Julianus nap) egymástól szignifikánsan nem térnek el, de a megfigyelt és a referencia-időszaktól már szignifikánsan különböznek ($p < 0,001$).

A rügyfakadási időpontok korábbra tolódása mellett a rügyfakadás idejének terjedelme is várhatóan szélesedik az időben, mely megfelel Khandauri et al. (2008) eredményeinek. Ez azt jelenti, hogy a várható extrémális időjárási események következményeként akár extrém korai és extrém kései időpontok előfordulására is számíthatunk.

Az általunk vizsgált hőmérsékleti hatáson kívül számos egyedi időjárási és éghajlati tényező befolyásolja a szőlő növekedését és ezen keresztül a céltermék, a bor minőségét (pl. napsugárzás, hóakkumuláció, hőmérsékleti szélsőségek, csapadék, szél, extrém időjárási események, mint pl. a jégeső stb.). A tenyészidőszak hossza és a hőmérséklet azonban olyan kritikus tényezők, melyek különös mértékben meghatározzák a szőlő érésének folyamatát, a cukor-, sav- és színanyag-tartalom kialakulását, amiből végső soron a bor minősége és jellege következik.

A jövőbeli felmelegedésnek az előrejelzések szerint globális, kontinentális és regionális szinten valószínűleg hasznos és hátrányos hatásai is lesznek (Jones, 2007). Egyrészt új területek nyílnak meg a szőlőtermesztés számára, másrészt, ezzel párhuzamosan a változások nehéz kihívások elé állítják a szőlőtermesztőket és a minőségi bortermelőket. Az éghajlatváltozás mértéke és terjedelme számos változást fog előidézni a borászati ágazatra vonatkozóan, beleértve a további változásokat a szőlő fenológiájában, a szőlő és a bor összetételében, ami egyes években zavart okozva veszélyeztetheti a megszokott harmonikus aromákat. A termesztett fajták regionális-specifikus összetételének módosulása arra készíti a termelőket, hogy a szükséges változtatásokról, valamint a szőlő számára élhető területek újraértékelésével a termesztésbe bevont területek térbeli formálásáról megfontoltan döntsenek.

4.5. Új tudományos eredmények

1. 1977 és 2003 közötti időszakban Kecskeméten mért napi hőmérsékleti és csapadékadatokból képzett 36 klímaindikátort vizsgálva megmutattam, hogy a kecskeméti körzetben a 27 év alatt szignifikáns növekedés következett be a Huglin- és Winkler-index értékekben, a júliusi középhőmérsékletben, a tenyészidő átlagos és maximum hőmérsékletében, az érésidő középhőmérsékletében, a szüretidő maximum hőmérsékletében, a meleg és nyári napok számában, valamint a Gladstones-féle tavaszi fagyindex esetében is. Az indikátoroknak a RegCM 3.1 regionális klímamodell becslései alapján várható értékeit az 1961-1990-es referencia-időszakra, valamint a 2021-2050 és a 2071-2100-as jövőbeli időszakokra vonatkozóan vizsgálva megállapítottam, hogy az éghajlati modell becslései 2021-től az egyes hőmérsékleti indikátorok átlagértékeinek további emelkedését vetítik elő. A csapadék éves mennyisége várhatóan nem fog emelkedni. 2050 után a nyári és a tenyészidőszakban hullott csapadékmennyiség csökkenésére, valamint az őszi és téli csapadékmennyiség növekedésére kell számítanunk Kecskemét körzetében.
2. A nemzetközi szakirodalomban általánosan használt tenyészidőszak-számítási módszereket összehasonlítva megmutattam, hogy a klímaváltozás egyre jobban érezhető hatásai mellett fokozottan indokoltá válik az interpolációs módszer alkalmazása, az egyre gyakoribbá váló extrém jelenségek ugyanis a hagyományos módszert egyre pontatlanabbá teszik.
3. A szőlő rügyfakadásának és virágzásának becslésére egy egyszerű hőösszeg modellel közelítettem 6 szőlőfajta és klónjaik ötévi megfigyeléseit Helvécián. A modellben eltértem a szakirodalomban használatos gyakorlattól, és a bázishőmérsékletet, valamint a hőösszeg akkumulációjának kezdeti időpontját is optimalizálással határoztam meg. A helvéciai szőlőültetvények rügyfakadásának becslését elvégezve optimalizálással 6 °C –os bázishőmérsékletet és február 10-ei optimális indulási napot határoztam meg a rügyfakadásra. A fővirágzás kezdetének becsléséhez alsó és felső bázishőmérsékletet is használtam, melyekre 11°C, illetve 26°C érték adódott optimálisként.
4. Az egyszerű hőösszegmodellen kívül egy hideghatást is figyelembe vevő fenológiai modellt is készítettem a rügyfakadás becslésére öt Kecskemét-Katonatelepen telepített fajtára, 27 éves adatsor alapján. Erre az idősorra is meghatároztam az egyszerű hőösszeg-modell optimális paramétereit. A két modell becsléseit összehasonlítva

megmutattam, hogy a hideghatást is figyelembe vevő modellel pontosabb eredményt kaptunk mindegyik vizsgált kecskeméti fajta esetében.

5. Az adatok mennyisége a kecskeméti adatsorra a kalibráláson kívül a validálást is lehetővé tette, így mód nyílt arra, hogy a modelleket a RegCM 3.1 regionális klímamodell 1961-1990-es referencia-időszakra, valamint a 2021-2050-re és a 2071-2100-as jövőbeli időszakokra vonatkozó becsléseivel is futtassam. Az eredmények alapján elmondhatjuk, hogy 2020 után várhatóan minden fajta rügyfakadása korábbra tolódik a kecskeméti körzetben, de 2070 után a rügyfakadás idejének várható tartománya is kiszélesedik. Az egyszerű hőösszegmodell az idő előrehaladtával az öt fajta esetében átlagosan 10-11 nappal korábbra teszi a rügyfakadás kezdetét a század végére a megfigyelt időszakhoz képest. A hideghatást is figyelembe vevő modell a Kékfrankos esetében 14,5 nappal, a Szürkebrát esetében 13,5 nappal, a Hárslevelű esetében 15,5 nappal, a Rajnai rizlingnél 17 nappal és a Generosánál 13 nappal korábban jelzi átlagosan a rügyfakadást a század utolsó 30 évére a megfigyelt időszakhoz képest.

5. Hivatkozások

- [1] Arft, A. M., Walker M. D., Gurevitch, J., Alatalo, J. M., Bret-Harte, M. S., Dale, M., Diemer, M., Gugerli, F., Henry, G. H. R., Jones, M. H., Hollister, R. D., Jo' Nsdo' Ttir, I. S., Laine, K., Le' Vesque, E., Marion, G. M., Molau, U., M ølgaard, P., Nordenhäll, U., Raszhivin, V., Robinson, C. H., Starr, G., Stenström, A., Totland, Ø., Turner, P. L., Walker, L. J., Webber, P. J., Welker, J. M., Wookey, P. A. (1999): Responses of tundra plants to experimental warming: Meta-analysis of the international tundra experiment. *Ecol. Monogr.* 69, 491–511
- [2] Bartholy, J., Pongrácz, R., Matyasovszky, I., Schlanger, V. (2004): A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére, In: AGRO-21 Füzetek, 2004/33: 1-18.
- [3] Bartholy, J., Pongrácz, R., Torma, Cs., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A. (2009): Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian basin. *International Journal of Global Warming* 1, 238-252.
- [4] Bishop, J. G., Schmeske, D. W. (1998): Variation in flowering phenology and its consequences for lupines colonizing Mount St Helens. *Ecology* 79:534-546.
- [5] Cannell, M. G. R., Smith, R. I. (1983): Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*. *J. Appl. Ecol.* (20): 951-963.
- [6] Chuine, I., Cour, P., Rousseau, D. D. (1999): Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implications for tree phenology modelling. *Plant, Cell Environ.* (22): 1-13.
- [7] Chuine, I. (2000): A unified model for budburst of trees. *J. Theor. Biol.* (207):337–347, doi:10.1006/jtbi.2000.2178.
- [8] De Jong, P. W., Brakefield, P. M. (1998): Climate and change in clines for melanism in the two-spot ladybird, *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Proc R Soc Lond B Biol Sci* B265:39-43.
- [9] Dunne, J. A., Harte, J., Taylor, K. J. (2003): Subalpine meadow flowering phenology responses to climate change: integrating experimental and gradient methods. *Ecol Monogr* 73:69-86.
- [10] Galen, C., Stanton, M. L. (1991): Consequences of emergences phenology for reproductive success in *Ranunculus adoneus* (Ranunculaceae). *Am J Bot* 78:978-988.

- [11] Galen, C., Stanton, M. L. (1993): Short-term responses of alpine buttercups to experimental manipulations of growing season length. *Ecology* 74:1052–1058.
- [12] Holfman, A. A., Parson, P. A. (1997): *Extreme environmental change and evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [13] Hughes, L. (2000): Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends Ecol Evol* 15:56-61.
- [14] Jones, G. V. (2007): *Climate Change: Observations, Projections, and General Implications for Viticulture and Wine Production*. *Practical Winery and Vineyard*, July/August 44-64.
- [15] Khanduri, V. P., Sharma C. M., Singh, S. P. (2008): The effects of climate change on plant phenology. *Environmentalist* 28:143-147 DOI 10.1007/s10669-007-9153-1.
- [16] Kramer, K. (1994 b) Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*. *Journal of Applied Ecology* 31, 172–181.
- [17] McCarthy, J. P. (2001): Ecological consequences of recent climate change. *Conserv Biol* 15(2) 320-331.
- [18] Murray, M. B., Cannell, M. G. R., Smith, R. I. (1989): Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. *Journal of Applied Ecology* 26: 693±700.
- [19] Nelson, E., A., Lavender, D.,P. (1979): The chilling requirement of western hemlock seedlings. *Forest Science* 25, 485–490.
- [20] Peterson, M. A. (1997): Host plant phenology and butterfly dispersal: causes and consequences of uphill movement. *Ecology* 78:167-180.
- [21] Price, M. V., Waser, N. M. (1998): Effects of experimental warming on plant reproductive phenology in a subalpine meadow. *Ecology* 79:1261-1271.
- [22] Rodriguez-Trellis, F., Rodriguez, M. A. (1998): Rapid micro-evolution and loss of chromosomal diversity in *Drosophila* in response to climate warming. *Evol Ecol* 12:829-838.
- [23] Sherry, R. A. et al. (2007): Divergence of reproductive phenology under climate warming. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 104, 198–202.
- [24] Walther, G. R, Burga, C. A, Edwards, P. J. (eds). (2001): „Fingerprints” of climatic change—Adapted behaviour and shifting species Ranges. Kluwer Academic/Plenum, New York, pp 123-137.
- [25] Wookey, P. A., Parsons, A. N., Welker, J. M., Potter, J. A., Callaghan, T. V., Lee, J. A., Press, M. C. (1993): Comparative responses in phenology and reproductive

development to simulated environmental change in sub-arctic and high arctic plants. *Oikos* 67:490-502.

- [26] Wuethrich, B. (2000): How climate change alters rhythms of the wild? *Science* 287:793-795.
- [27] Torma, Cs., Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Coppola, E., Giorgi, F. (2008): Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. – *Időjárás*, 112(3-4.): 233-247.

6. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Folyóiratcikkek

IF-es folyóiratcikk

Hlaszny, E. – Hajdu, E. – Bisztray, Gy. – Ladányi, M. (2011): Comparison of budburst models predictions for Kékfrankos. AEER International Scientific Journal. ISSN 1785-0037. Budapest. http://www.ecology.kee.hu/indvol10_1.htm IF érték:0,547.

NEM IF-es folyóiratcikk

Hlaszny, E. – Ladányi, M. (2010): A szőlő rügyfakadási idejének becslése. Gazdálkodás, (54) 7 pp. 768-772.

Ladányi, M. – **Hlaszny, E.** (2010): A model of full bloom starting date of some white *Vitis vinifera* L. varieties grown in Helvécia. International Journal of Horticulture Science 16 (2):21-25. ISSN 1585-0404, Budapest.

Egyéb értékelhető cikk

Ladányi, M. – **Hlaszny, E.** (2010): Modellek vallanak a klímaváltozásról és hatásairól. Agrofórum 21 (7):98-101.

Konferencia kiadványok

Magyar nyelvű full paper

Hlaszny, E. – Ladányi, M. – Pernes, Gy. – Bisztray, Gy. (2009): A comparative climatic sensitivity approach for the yield of *Vitis vinifera* L. Erdei Ferenc Konferencia, 2009. szeptember 3-4., Kecskemét. Konferencia kiadvány (Proceedings) I. kötet p.311-315 ISBN 978-963-7294-73-0

Magyar nyelvű összefoglaló

Hlaszny, E. – Ladányi, M. – Pernes, Gy. – Bisztray, Gy. (2009): A szőlő (*Vitis vinifera* L.) hozamának évjáratí függésére vonatkozó összehasonlító fajtavizsgálat. Lippay-Ormos-Vas Tudományos Ülésszak. 2009. november, Budapest. 276-277.

Ladányi M., **Hlaszny, E.**, Reiczigel, Zs., Fazekas I., Bisztray Gy. (2011) A szürkerothadás megjelenése eltérő érzékenyséű szőlőfajtáknál (*Vitis vinifera*) különböző évjáratokban. IX. Magyar Biometriai, Biomatematikai és Bioinformatikai Konferencia, Budapest. p.62.

Nemzetközi konferencia (full paper)

Ladányi, M. – **Hlaszny, E.** – Pernes, Gy. – Bisztray, Gy. (2010): Climate change impact study based on grapevine phenology modeling. VIII International Terroir Congress, Soave, Italy. pp.65-71.

Hlaszny, E. – Ladányi, M. (2009): A bud break date model for some white wine grape varieties. <http://odin.agr.unideb.hu/su2009/SU2009-Proceedings.pdf> In: Summer University on Information technology and Rural development, Debrecen, p 108-120. (ISBN 978-963-87366-2-8)

Magyar nyelven megjelent, lektorált, elektronikus publikációk

Hlaszny, E. – Ladányi, M. – Pernes, Gy. – Bisztray, Gy. (2011): A szőlő (*Vitis vinifera* L.) rügyfakadásának és fővirágzásának előrejelzése a helvéciai megfigyelések alapján. 2. Szőlő és klímakonferencia, Kőszeg. 2010. CD-ROM kiadvány. Szerk.: Puskás J. ISBN: 978-963-8481-12-2.

Ladányi M. – **Hlaszny, E.**, – Bisztray, Gy. (2012) A szőlészetben alkalmazott legfontosabb klimatikus indikátorok a klímaváltozás tükrében. Szőlő és Klíma Konferencia, Kőszeg. 2012. CD-ROM kiadvány. Szerk.: Puskás J. ISBN: 978-963-8481-12-2.

Magyar nyelvű könyvfejezet

Hufnagel, L. – Kúti, Zs. – **Hlaszny, E.** – Reiczigel, Zs. – Molnár, M. – Homoródi, R. – Flórián, N. – Gergócs, V. – Türe, D. – Ladányi, M. (2012): A klímaváltozás közösségökológiai hatásainak elemzése. In: Szenteleki, K., Szilágyi, K. (Eds) Fenntartható fejlődés, élhető régió, élhető települési táj; Tudományos közlemények III. ISBN: 978-963-503-506-2 pp. 7-24.

Hivatkozások külföldi kiadványban

Ladányi, M. – **Hlaszny, E.** – Pernes, Gy. – Bisztray, Gy. (2010) Climate change impact study based on grapevine phenology modelling. VIII. International Terroir Congress 2010 Soave (Vr) Italy 14-18 June 2010.3. pp. 65-71.

Idézi: Hunter, J. J. – Bonnardot, V. (2011) Suitability of Some Climatic Parameters for Grapevine Cultivation in South Africa, with Focus on Key Physiological Processes. S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 32, No. 1, 2011. 137-154.